

Efecto de la suplementación alimenticia sobre el crecimiento folicular ovárico, peso y edad a la pubertad en vaquillas Romosinuano

Effect of feed supplementation on ovarian follicular growth, weight and age at puberty in Romosinuano heifers

Víctor Hugo Severino Lendechy¹, Cesar Orlando Pozo Santiago², Juan Carlos Muñoz González², Julio Vilaboa Arroniz^{3*}

¹Universidad Autónoma de Chiapas. Centro de Estudios Etnoagropecuarios. México. ²Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad Maya de Estudios Agropecuarios, Ingeniería en Agronomía y Medicina Veterinaria y Zootecnia. ³Agroecosistemas Productivos S.P.R. de R.L. de C.V. *Correo electrónico: juliovilaboa@hotmail.com.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la suplementación alimenticia sobre el desarrollo folicular ovárico, edad y peso a la pubertad en hembras Romosinuano prepúberes. Se generó un arreglo factorial 2x2, con 80 hembras de 8 y 10 meses de edad, distribuidas en dos experimentos. Los factores considerados fueron edad al inicio del experimento (8 y 10 meses) y suplementación alimenticia (Con y Sin). En el primer experimento, 20 hembras se asignaron a cuatro tratamientos: T1) hembras de 8 meses de edad con suplementación alimenticia (CSA); T2) hembras de 8 meses de edad sin suplementación alimenticia (SSA); T3) hembras de 10 meses de edad CSA; T4) hembras de 10 meses de edad SSA. Únicamente las vaquillas de T3 presentaron pubertad, con peso y edad de 337,2±6,0 Kg y 17,7±1,0 meses, respectivamente. La concentración de P₄ en sangre, así como el número y diámetro folicular, fueron mayores (P<0,05) en las vaquillas de T1 y T3 comparado con las de T2 y T4. En el segundo experimento se evaluó el efecto de SSA sobre la edad y peso al primer estro. Se distribuyeron 60 hembras a cuatro grupos: T1, T2, T3 y T4 (n= 15 en cada tratamiento). Los resultados fueron mayores (P<0,05) en las vaquillas SSA (20,0±0,5 meses; 320,4±3,0 Kg), comparados con las CSA (17,0±0,5 meses; 333,6±4,5 Kg). La suplementación alimenticia incrementa las ganancias de peso al primer estro y disminuye la edad a pubertad en hembras bovinas Romosinuano de 8 y 10 meses de edad.

Palabras clave: nutrición, ovulación, folículos ováricos, madurez sexual.

ABSTRACT

The objective of the present study was to determine the effect of food supplementation on ovarian follicular growth, age and weight at puberty in prepuberal Romosinuano females. A 2x2 factorial arrangement was used, with 80 females, 8 and 10 months of age, distributed in two experiments. The factors age at the beginning of the experiment (8 and 10 months) and nutritional supplementation (with and without) were considered. In the first experiment, 20 females were assigned to four treatments: T1) females of 8 months of age, supplemented (CSA); T2) females of 8 month of age no supplemented (SSA); T3) females of 10 month of age CSA; T4) females of 10 month of age SSA. Only T3 heifers presented puberty, weight and age at puberty were 337.2±6.0 Kg and 17.7±1.0 months, respectively. The blood P₄ concentration, as well as the number and follicular diameter, were greater (P<0.05) in heifers of T1 and T3 groups compared with T2 and T4 groups. In the second experiment, the SSA effect on age and average weight at first estrus was evaluated. Sixty prepuberal females were used, distributed in four groups: T1, T2, T3 and T4 (n=15 in each treatment). The results were greater (P<0.05) in SSA groups (20.0±0.5 months; 320.4±3.0 Kg) compared with CSA groups (17.0±0.5 months; 333.6±4.5 Kg). Food supplementation increases weight gains at first estrus and decreases the age at puberty in Romosinuano females of 8 and 10 months old.

Key words: nutrition, ovulation, ovarian follicles, sexual maturity.

Recibido: 29/03/17 Aprobado: 28/09/17

INTRODUCCIÓN

La pubertad en la hembra bovina es la culminación de una serie de eventos que resultan en la presencia del estro, acompañado de ovulación y función lútea normal (Faure y Morales, 2003). Esta etapa fisiológica tiene importancia económica ya que las novillonas con pubertad precoz, representan un costo menor que aquellas que alcanzan esta etapa con mayor edad (Faure y Morales, 2003). Las novillonas que logran parir su primera cría alrededor de los dos años de edad, producen más becerros durante su vida productiva, comparadas con las que la hacen a los tres o más años (Evans y Rawlings, 2010). Para que la pubertad se presente tempranamente, es necesario considerar la relación entre varios factores como la nutrición, peso, raza, edad, clima y enfermedades (Faure y Morales, 2003). Estos factores son importantes en el trópico, y deben ser manejados cuidadosamente; de lo contrario, pueden promover pubertad tardía en la novillona (después de los 30 meses) y primer parto entre los 42 y 48 meses, lo que ocasiona una disminución de la eficiencia reproductiva (Maquivar y Galina, 2010). Lo anterior se ha reportado en razas cebuínas, europeas y sus cruces *Bos taurus* x *Bos indicus* (De Alba, 2011). Las primeras, aunque tienen buena capacidad de adaptación al trópico, han perdido productividad y precocidad; las segundas, son razas especializadas con dificultades de adaptación a ambientes tropicales y las terceras, aunque han mostrado cierta mejoría por su vigor híbrido, presentan índices productivos inconsistentes y no han ofrecido una solución a la problemática productiva de la ganadería tropical, en la que se observan edad y peso a la pubertad ≥ 36 meses y ≥ 370 Kg, respectivamente, prolongado anestro posparto (≥ 300 días), bajos porcentajes de gestación (45-50%) y periodo interpartos ≥ 570 días (Vite *et al.*, 2007; Maquivar y Galina, 2010; Mejía-Bautista *et al.*, 2010; Diskin y Kenny, 2016).

El uso de razas más precoces y adaptadas pueden ofrecer una alternativa para la mejora de los índices reproductivos en el trópico; en este sentido, la raza Romosinuano (RO) ha mostrado mayores atributos, comparada con las razas predominantes en regiones tropicales (De Alba, 2011). La raza RO es un recurso genético

importante en México, y su conservación y desarrollo son de vital importancia en la generación de alternativas para los hatos bovinos del trópico, mediante el uso y aprovechamiento de sus capacidades productivas (De Alba, 2011). Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la suplementación alimenticia sobre el crecimiento folicular ovárico, peso y edad a la pubertad en vaquillas Romosinuano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica de la unidad de producción. El estudio se realizó en la unidad de producción (UP) ubicada en Ixtacomitán, Tabasco, México. Con coordenadas 17° 96' 67" N, 92° 96' 67" O, 10 msnm, clima tropical húmedo, temperatura y precipitación media anual de 26,4°C y 1500 mm, respectivamente (García, 1981).

Características de los animales experimentales. Se seleccionaron ochenta hembras RO, prepúberes, de 8 y 10 meses de edad; se identificaron conforme a los registros y se mantuvieron con el manejo habitual de alimentación (pastoreo) y sanidad de la UP. Las hembras, se identificaron con numeración progresiva según el orden de inclusión en el estudio.

Experimento 1

Grupos experimentales: Veinte becerras RO de 8 y 10 meses de edad prepúberes se distribuyeron en un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 2x2. Los factores considerados fueron, edad de la vaquilla (8 y 10 meses) y suplementación alimenticia (Con y Sin). Los tratamientos fueron: T1) vaquillas de 8 meses de edad con suplementación alimenticia (CSA; n= 5); T2) vaquillas de 8 meses de edad sin suplementación alimenticia (SSA; n= 5); T3) vaquillas de 10 meses de edad CSA (n= 5); y T4) vaquillas de 10 meses de edad SSA (n= 5).

Manejo alimenticio: Las becerras CSA (T1 y T3) se mantuvieron en potreros con pasto Señal (*Brachiaria decumbens*) y Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), proporcionándoles suplementación alimenticia (SA) con alimento balanceado comercial (18% de proteína cruda), a razón de 2 Kg por animal/día y sales minerales a libre acceso (8% de fósforo). El periodo de

suplementación abarcó desde la inclusión de los animales en el estudio hasta la presentación de pubertad en alguno de los grupos experimentales.

VARIABLES EVALUADAS: Con excepción de la suplementación alimenticia, todos los animales recibieron el mismo manejo. Las variables estudiadas fueron ganancia diaria de peso, ganancia de peso total, crecimiento folicular, inicio de pubertad, peso y edad a la pubertad y concentración de progesterona en sangre. Para la determinación de la ganancia diaria de peso, ganancia de peso total y peso a la pubertad, se tomó el peso de las becerras al inicio del estudio y posteriormente cada 22 días hasta el final del tratamiento.

El crecimiento folicular fue evaluado mediante el conteo de los folículos presentes, determinación del tamaño folicular y presencia de un folículo dominante (FD). En este experimento, el inicio de la pubertad fue definido por el momento de ocurrencia de la ovulación con formación de un cuerpo lúteo funcional (CL). La presencia y funcionalidad del CL fue confirmada por la detección de concentraciones de $P_4 \geq 1$ ng mL⁻¹ en dos muestreos consecutivos.

Para la caracterización del crecimiento folicular ovárico, se utilizó un equipo de ultrasonido portátil Universal modelo UMS 900, con un transductor transrectal de 7,0 MHz. Se empleó la técnica descrita por Ginther *et al.* (1989) en la que se inserta la sonda vía rectal, colocación de la misma a lo largo de la superficie dorsal del cuerno del útero y posterior ejecución de movimientos laterales para examinar los ovarios. Para la evaluación ecográfica se consideraron ciclos de 22 días, siendo el día 0 el día de inicio del estudio. Las estructuras ováricas fueron examinadas dos veces por semana, desde el día 0 hasta el 17; desde el día 18 hasta el 22, se realizó diariamente. En cada evaluación se contaron los folículos presentes, se determinó el tamaño folicular y la presencia de un folículo dominante (FD). La evaluación ultrasonográfica se continuó hasta la detección de la ovulación en alguno de los grupos experimentales. Aquellas becerras con presencia de un FD de 12 a 15 mm de diámetro y con desaparición del mismo en la siguiente evaluación ecográfica, fueron evaluadas nuevamente los días +7 y +14 a partir de la desaparición del folículo, a fin de confirmar la presencia de un CL. En caso de no detectarse

un CL, el estudio ecográfico fue reiniciado cada 22 días. Conjuntamente a la evaluación ultrasonográfica, se realizó muestreo sanguíneo de todas las hembras para la determinación de progesterona sérica; la extracción de sangre se realizó mediante punción de la vena coccígea, con aguja calibre 21G x 38 mm y tubos Vacutainer® de 6 ml sin anticoagulante. Las muestras se centrifugaron a 2,500 x g por 10 min con la finalidad de separar el suero. Esto se realizó en un tiempo no mayor a 4 h después de tomadas las muestras. Las alícuotas de suero fueron congeladas a -20°C hasta la ejecución del análisis. La concentración de progesterona fue determinada por radioinmunoensayo en fase sólida (Kit Progesterona, PROG-CTRIA®).

Experimento 2

El manejo general, la alimentación y el arreglo de los tratamientos fue igual al experimento 1, a excepción del número de animales por tratamiento y las variables evaluadas. Para el ensayo, se distribuyeron 60 hembras en cuatro grupos: T1, T2, T3 y T4 (n= 15 en cada tratamiento). El periodo de suplementación abarcó desde la inclusión de los animales en el estudio hasta la presentación del primer estro. Las variables bajo estudio fueron ganancia diaria de peso, ganancia de peso total, peso y edad al primer estro. El día de inicio del experimento las becerras se pesaron para determinar su peso inicial y posteriormente cada 22 días hasta el final del estudio para determinar ganancia diaria de peso, ganancia de peso total y peso al primer estro. La ocurrencia del estro se determinó por la presentación de signos tales como incremento de la actividad, intento de monta a otros animales, mugido frecuente, tumefacción vulvar, incremento del acicalamiento y dejarse montar por otro animal del rebaño, siendo este último, el más importante (Sepúlveda y Rodero, 2003). La detección de estros se realizó todos los días, con dos periodos de observación, en la mañana (7:00 a 9:00 h) y en la tarde (19:00 a 21:00 h).

Análisis estadístico

Para determinar los efectos de los tratamientos sobre la ganancia diaria de peso, ganancia de peso total, peso y edad a la pubertad y al primer estro, se realizaron análisis de varianza

en un arreglo factorial 2x2, considerando como covariable peso inicial, y como factores edad de la vaquilla y SA. Los datos del crecimiento folicular y concentración sérica de progesterona se evaluaron mediante un análisis univariado de medidas repetidas, considerando como covariables peso inicial, ganancia diaria de peso, ganancia de peso total y peso a la pubertad. La tasa de ovulación se analizó con una prueba de Chi-cuadrada. Para determinar la probabilidad de presentar el primer estro según el tratamiento asignado, se realizó un análisis de sobrevivencia a través del método Kaplan-Meier. Todas estas pruebas se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1

Cambios en peso corporal. Las vaquillas con SA presentaron mayores ($P<0,05$) ganancias diarias de peso y peso total (Cuadro 1), comparadas con las que no la recibieron, confirmando lo reportado por otros autores (Gasser *et al.*, 2006a; Maquivar *et al.*, 2010).

Edad y peso a la pubertad. El inicio de la SA a los 10 meses de edad promovió la presentación de pubertad en el 100% de las vaquillas del grupo experimental. La edad y peso promedio a la pubertad fueron de $17,7\pm 1,0$ meses y $337,2\pm 6,0$ Kg, respectivamente. Contrariamente, no se observó pubertad en el grupo CSA de 8 meses de edad, y tampoco en las vaquillas SSA

de 8 y 10 meses (Cuadro 1). Las hembras de T1 tuvieron mayor ganancia diaria de peso y ganancia de peso total que las hembras de T2, sin embargo, no presentaron pubertad durante el periodo de estudio, esto se atribuye a que no tuvieron el tiempo suficiente para alcanzar las condiciones físicas (peso) necesarias para ovular (Perry, 2012). Lo anterior, sugiere que las vaquillas RO requieren de un peso y edad mínimos para presentar la pubertad, y que en este estudio fue de 17 meses y 337 Kg en promedio. Los beneficios de la suplementación alimenticia sobre la ganancia de peso y edad a la pubertad en vaquillas, se ha documentado en razas *Bos taurus* (Gasser *et al.*, 2006a), *Bos indicus* (Romano *et al.*, 2007) y *Bos taurus* x *Bos indicus* (Maquivar *et al.*, 2010). Al estudiar novillonas *Bos taurus* suplementadas o no, se ha observado un aumento temprano en la frecuencia de pulsos de LH (16 ± 6 vs. 3 ± 1 pulsos/24 h), folículos de mayor tamaño ($12,02\pm 1,1$ vs. $10,85\pm 1,0$ mm), mayor número de ondas foliculares ($2,7\pm 0,05$ vs. $2,0\pm 0,05$) y mayor secreción de 17β -estradiol ($4,13\pm 1,11$ vs. $2,04\pm 0,82$ pg/ml), en el grupo complementado y testigo, respectivamente (Gasser *et al.*, 2006a,b,c). Sin embargo, los mecanismos exactos mediante los cuales la SA y las ganancias de peso (condición corporal) contribuyen a disminuir la edad a la pubertad no están bien definidos (Maquivar y Galina, 2010). No obstante, la SA, fue una herramienta eficaz para aumentar las ganancias de peso y reducir la edad a la pubertad en vaquillas RO que iniciaron la suplementación a los 10 meses de edad. La información sobre la edad y peso

Cuadro 1. Ganancias de peso y edad a la pubertad en hembras Romosinuano distribuidas por grupo de tratamiento.

Variable	T1 (n=5)	T2 (n=5)	T3 (n=5)	T4 (n=5)
Peso inicial (Kg)	167,9 \pm 10,1 ^a	165,0 \pm 8,0 ^a	235,4 \pm 8,6 ^b	231,0 \pm 10,8 ^b
Ganancia de peso (g/día)	0,580 \pm 0,08 ^a	0,350 \pm 0,06 ^b	0,591 \pm 0,05 ^a	0,365 \pm 0,08 ^b
Ganancia de peso total (Kg)	121,3 \pm 6,3 ^a	73,2 \pm 1,5 ^b	128,5 \pm 8,3 ^a	78,7 \pm 5,2 ^b
Peso a la pubertad (Kg)	0 ^a	0 ^a	337,2 \pm 6,0 ^b	0 ^a
Edad a la pubertad (meses)	0 ^a	0 ^a	17,7 \pm 1,0 ^b	0 ^a

^{a,b}Diferente literal por fila por grupo de edad indica diferencia estadística ($P<0,05$). (Media \pm DE). T1 (8 m, CSA), T2 (8 m, SSA), T3 (10 m, CSA), T4 (10 m, SSA).

a la pubertad en hembras RO es limitada; sin embargo, se ha reportado que vaquillas de esta raza manejadas en condiciones de pastoreo, alcanzan la pubertad a una edad más temprana y con menor peso, comparadas con hembras de otras razas *Bos taurus* y *Bos indicus* (De Alba, 2011). Los resultados obtenidos en este estudio, indican que el RO es una raza precoz, al comparar su desempeño con los datos de edad (22 a 36 meses) y peso a la pubertad (350 a 370 Kg) reportados por Maquivar y Galina (2010), en animales *Bos taurus*, *Bos indicus* y *Bos taurus* x *Bos indicus*, bajo condiciones tropicales.

Crecimiento folicular y ovulación. Las vaquillas de los grupos CSA (8 y 10 meses), presentaron un mayor número de folículos y diámetro folicular ($P < 0,05$), comparadas con los grupos SSA (Cuadro 2), lo cual coincide con lo reportado por Romano *et al.* (2007), quienes observaron folículos de mayor tamaño ($10,52 \pm 0,3$ mm) en novillonas *Bos indicus* alimentadas con una dieta alta en energía, comparadas a las alimentadas con una dieta baja en energía ($9,76 \pm 0,15$ mm). A su vez, Gasser *et al.* (2006b) encontraron diferencias en el desarrollo folicular de novillonas *Bos taurus* suplementadas ($13,4 \pm 0,4$ mm), respecto a las no suplementadas ($11,1 \pm 0,3$ mm). Los resultados anteriores muestran que el manejo y el *estatus* nutricional de becerras en desarrollo prepuberal, es muy importante para un mejor crecimiento folicular y desempeño reproductivo (Maquivar *et al.*, 2010; González-Stagnaro y De la Fuente-Martínez, 2012).

La pubertad y ovulación se presentó únicamente en el grupo de vaquillas CSA de 10 meses de edad, lo cual difiere de lo reportado por Maquivar *et al.* (2010) en novillonas *Bos taurus* x *Bos indicus* a una edad de 673 ± 146 días y peso promedio de 340 Kg; estos investigadores

observaron un 77 % de ovulación en el grupo CSA, comparado con 57% del grupo SSA, lo cual se atribuyó a las ganancias de peso y mejor condición corporal de los animales CSA. La diferencia de los datos anteriores con los resultados del presente estudio son atribuibles a que las vaquillas RO no tuvieron el tiempo suficiente para alcanzar el peso mínimo requerido para ovular, debido a que el experimento finalizó en el momento en que las vaquillas de alguno de los grupos presentarían ovulación (Cuadro 2). Lo anterior, corrobora lo observado en novillonas *Bos taurus* y *Bos indicus*, las cuales requieren un peso específico (45 a 60% de su peso adulto) para ovular por primera vez y llegar a la pubertad (Faure y Morales, 2003; Perry, 2012).

Concentración de progesterona. La concentración de P_4 sérica fue mayor ($P < 0,05$) en las vaquillas de 8 y 10 meses CSA, comparadas a las alimentadas únicamente con pasto (Cuadro 3); sin embargo, las vaquillas de 10 meses de edad CSA fueron las únicas que presentaron niveles de progesterona por encima de 1 ng/mL^{-1} , por lo que se puede afirmar que alcanzaron la pubertad. Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los niveles prepuberales y postpuberales ($0,34 \pm 0,28$ y $2,42 \pm 2,0 \text{ ng mL}^{-1}$ respectivamente) observados en becerras de la raza Avileña Negra-Ibérica (González-Stagnaro y De la Fuente-Martínez, 2012). Lents *et al.* (2011) reportaron en novillonas *Bos taurus* de $9,1 \pm 0,1$ y $12,3 \pm 0,1$ meses de edad, diferencias en la concentración de progesterona entre las hembras que permanecieron SCA ($< 1 \text{ ng mL}^{-1}$) con respecto a las CSA ($1,78 \pm 0,18 \text{ ng mL}^{-1}$), indicando que la concentración de P_4 en sangre está relacionado positivamente con las ganancias de peso y condición corporal de los animales, durante la etapa de desarrollo antes y después de la pubertad.

Cuadro 2. Número de folículos, diámetro folicular y tasa de ovulación en hembras Romosinuano distribuidas por grupo de tratamiento.

Variable	T1 (n=5)	T2 (n=5)	T3 (n=5)	T4 (n=5)
Número De folículos	130 ± 10^a	104 ± 5^b	167 ± 12^c	110 ± 6^b
Diámetro folicular (mm)	$7,9 \pm 2,0^a$	$4,4 \pm 1,6^b$	$11,7 \pm 2,0^c$	$6,7 \pm 1,3^d$
Tasa de ovulación (%)	0^a	0^a	100^b	0^a

^{a,b,c,d}Diferente literal por fila por grupo de edad indica diferencia estadística ($P < 0,05$). (Media \pm DE). T1 (8 m, CSA), T2 (8 m, SSA), T3 (10 m, CSA), T4 (10 m, SSA).

Experimento 2

Cambios de peso corporal. La SA mejoró ($P < 0,05$) la ganancia diaria de peso y ganancia de peso total en las vaquillas CSA con respecto a las SSA (Cuadro 4).

Las ganancias diarias de peso obtenidas en los grupos CSA son similares a las observadas por Sargentini *et al.* (2007) en vaquillas de la raza criolla Maremmana ($0,600 \pm 0,20$ g/d); sin embargo, las ganancias de peso total fueron diferentes ($88,3 \pm 16,0$ Kg). Por otra parte, González-Stagnaro y De la Fuente-Martínez, (2012), reportaron en hembras de la raza Avileña Negra-Ibérica, mayores ganancias diarias de peso ($0,780 \pm 0,11$ g/d) y menores ganancias de peso total ($69,0 \pm 18,0$ Kg).

Edad y peso al primer estro. Las vaquillas de los grupos CSA resultaron más pesadas y con menor edad al momento del primer estro, comparadas con las de los grupos SSA (Cuadro 4). El promedio general de edad y peso al primer estro fue $18,5 \pm 1,5$ meses y $327 \pm 4,5$ Kg, respectivamente. Los resultados obtenidos

se pueden atribuir a la suplementación alimenticia recibida por los animales, ya que de acuerdo a Gasser *et al.* (2006a,b), la mejora alimenticia se relaciona positivamente con mayor peso (327 ± 17 Kg) y menor edad a la pubertad (262 ± 10 días) en animales *Bos taurus* complementados, comparados con el grupo testigo (303 ± 23 Kg y 368 ± 10 días). Sin embargo, los mecanismos exactos mediante los cuales la SA y las ganancias de peso (condición corporal) contribuyen a la disminución de la edad a la pubertad no están bien esclarecidos (Maquivar y Galina, 2010). No obstante, la SA resultó ser una herramienta eficaz para aumentar las ganancias de peso y reducir la edad a la pubertad en becerras RO. El peso y edad al primer estro obtenidos en el presente estudio, son similares a lo reportado por Sargentini *et al.* (2007) en la raza Maremmana ($15,3 \pm 1,2$ meses y $380,0 \pm 20,2$ Kg) y por Bodas *et al.* (2009) en la raza Parda de Montaña ($16,5 \pm 1,6$ meses y $332,6 \pm 88,3$ Kg). Sin embargo, son mayores a los reportados por González-Stagnaro y De la Fuente-Martínez, (2012), en la raza Avileña Negra-Ibérica ($12,0 \pm 1,0$ meses y $310,0 \pm 2,6$ Kg).

Cuadro 3. Concentración de progesterona sérica en hembras Romosinuano distribuidas por grupo de tratamiento.

Variable	T1 (n=5)	T2 (n=5)	T3 (n=5)	T4 (n=5)
Progesterona en sangre (ng mL ⁻¹)	$0,28 \pm 0,07^a$	$0,15 \pm 0,01^b$	$1,75 \pm 0,03^c$	$0,20 \pm 0,02^{ab}$

^{a,b,c}Diferente literal por fila por grupo de edad indica diferencia estadística ($P < 0,05$). (Media \pm DE). T1 (8 m, CSA), T2 (8 m, SSA), T3 (10 m, CSA), T4 (10 m, SSA).

Cuadro 4. Ganancias de peso y edad al primer estro en hembras Romosinuano distribuidas por grupo de tratamiento.

Variable	T1 (n=15)	T2 (n=15)	T3 (n=15)	T4 (n=15)
Peso inicial (Kg)	$169,9 \pm 10,1^a$	$167,0 \pm 8,0^a$	$239,4 \pm 8,6^b$	$238,0 \pm 10,8^b$
Ganancia de peso (g/día)	$0,595 \pm 0,07^a$	$0,352 \pm 0,08^b$	$0,605 \pm 0,05^a$	$0,370 \pm 0,06^b$
Ganancia de peso total (Kg)	$159,0 \pm 10,0^a$	$147,3 \pm 4,8^b$	$148,5 \pm 8,3^b$	$118,3 \pm 1,8^c$
Peso al primer estro (Kg)	$310,1 \pm 6,2^a$	$304,4 \pm 3,3^a$	$357,2 \pm 6,0^b$	$336,4 \pm 3,0^c$
Edad al primer estro (meses)	$17,1 \pm 0,5^a$	$20,2 \pm 0,3^b$	$17,0 \pm 0,7^a$	$19,8 \pm 1,0^b$

^{a,b,c}Diferente literal por fila por grupo de edad indica diferencia estadística ($P < 0,05$). (Media \pm DE). T1 (8 m, CSA), T2 (8 m, SSA), T3 (10 m, CSA), T4 (10 m, SSA).

Las diferencias y similitudes de los datos mencionados en el párrafo anterior, respecto a los resultados del presente estudio, pueden atribuirse principalmente a factores como tamaño, conformación física y manejo nutricional recibido por las becerras durante su desarrollo prepuberal (Maquivar *et al.* 2010; González-Stagnaro y De la Fuente-Martínez, 2012), lo cual está relacionado con el fin zootécnico de cada raza (González *et al.*, 2006; Maquivar y Galina, 2010. Aunque la raza Maremmana, la Parda de Montaña y la Avileña Negra-Ibérica son razas criollas, las dos primeras son destinadas a la producción de carne, mientras que la raza Avileña Negra-Ibérica es de doble propósito, por lo cual, tienen un manejo zootécnico diferente a la raza RO.

En el presente estudio se observó una interacción positiva entre la SA y la edad al primer estro (Cuadro 5); esto indica que se puede disminuir la edad al primer estro proporcionando SA a las vaquillas, independientemente de la edad de las vaquillas al inicio del estudio (8 ó 10 meses); sin embargo, el lapso de suplementación es menor al emplear vaquillas de 10 meses de edad, por lo que se recomienda utilizar animales de esta edad, en lugar de hembras de 8 meses.

El primer estro detectado se observó tres meses más tarde en las vaquillas alimentadas únicamente con pasto ($20,0 \pm 0,5$ meses), comparadas con las de los grupos CSA ($17,0 \pm 0,6$ meses). Según Patterson *et al.* (1992), esto incide directamente sobre aspectos económicos y productivos, ya que las novillonas que alcanzan la pubertad a una edad más temprana (16 ± 1 meses), logran parir su primer

becerro alrededor de los dos años de edad y producen más becerros en su vida productiva, comparadas con aquellas que presentan la pubertad a una edad tardía y que paren su primera cría después de los tres años. Lo anterior indica que reducir la edad a la pubertad determina una vida productiva más eficiente y prolongada (Day y Grum, 2005; Peter *et al.*, 2009) y promueve una disminución de los costos en la unidad de producción.

De acuerdo a la prueba de Kaplan-Meier, existen diferencias ($P < 0,05$) en la edad de presentación del primer estro entre las vaquillas de 8 y 10 meses (Figura 1 y 2, respectivamente), e indica que la probabilidad de pubertad a menor edad en las vaquillas, se incrementa cuando éstas reciben SA; lo anterior refleja que la SA tiene un efecto positivo en la disminución de la edad al primer estro, vinculado con mejores ganancias de peso en los animales que la reciben.

Aunque la información sobre la edad y peso a la pubertad en el RO es limitada, se ha reportado que manejada en condiciones de pastoreo, esta raza alcanza la pubertad a una edad más temprana y con menor peso, comparada con otras razas *Bos taurus* y *Bos indicus* (De Alba, 2011). Lo anterior es reflejado igualmente por los trabajos realizados por Vite *et al.* (2007) y Maquivar y Galina (2010) en animales *Bos taurus*, *Bos indicus* y *Bos taurus* x *Bos indicus* en condiciones tropicales, en los cuales se reportaron edades y pesos a la pubertad de 22 a 36 meses y 350 a 370 Kg, respectivamente. Estos datos, al compararlos con los resultados obtenidos en este experimento, muestran que el RO es una raza precoz.

Cuadro 5. Edad al primer estro en hembras Romosinuano distribuidas por grupo de tratamiento.

Tratamiento	Edad (meses)		
	8	10	Totales
Con suplementación	$17,1 \pm 0,5^a$	$17,0 \pm 0,7^a$	$17,0 \pm 0,6^a$
Sin suplementación	$20,2 \pm 0,3^b$	$19,8 \pm 1,0^b$	$20,0 \pm 0,5^b$
Totales	$18,6 \pm 0,7$	$18,4 \pm 0,5$	$18,5 \pm 0,6$

^{a,b}Diferente literal por columna por grupo de edad indica diferencia estadística ($P < 0,05$).

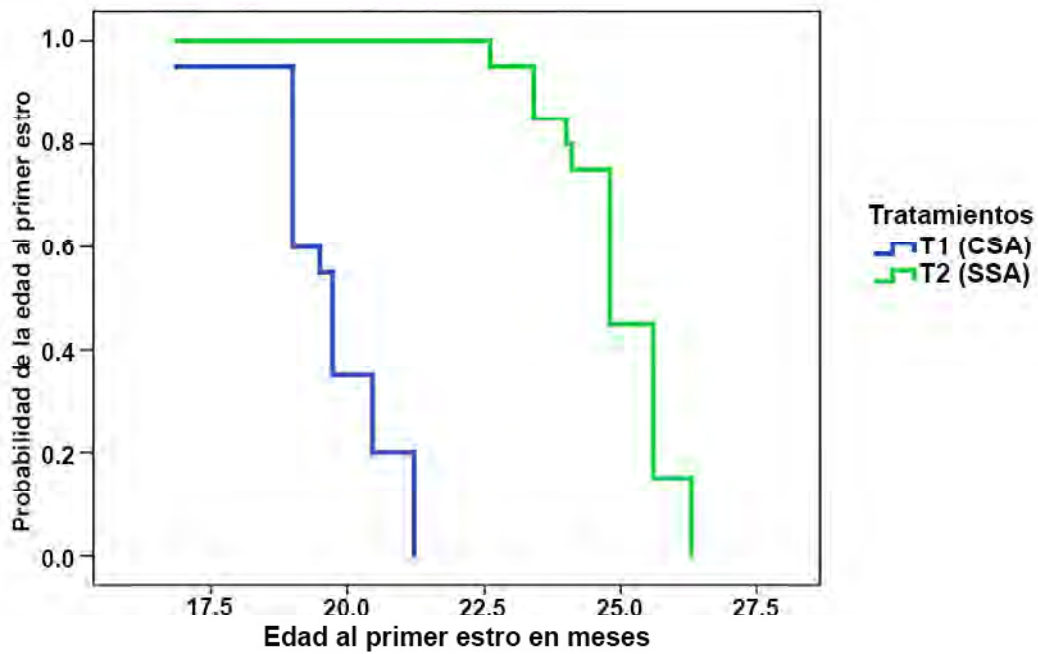


Figura 1. Probabilidad de edad para la presentación del primer estro en hembra Romosinuano de 8 meses según tratamiento

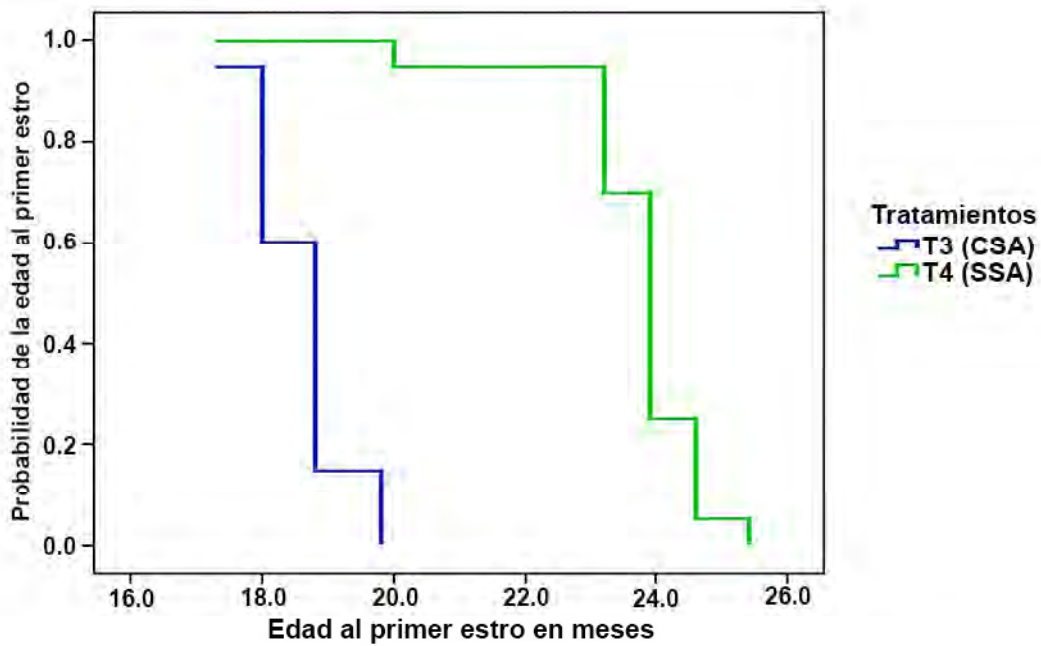


Figura 2. Probabilidad de edad para la presentación del primer estro en hembra Romosinuano de 10 meses según tratamiento

CONCLUSIONES

La suplementación alimenticia promueve el incremento del número de folículos y de la concentración de P_4 en sangre en becerras de 10 meses, así también, disminuye la edad al primer estro detectado e incrementa las ganancias de peso en hembras bovinas Romosinuano de 8 y 10 meses de edad. Es necesario que los animales posean un peso mínimo (55 a 60% de su peso adulto) para alcanzar la pubertad. La suplementación alimenticia reduce la edad al primer estro independientemente de la edad de las vaquillas al inicio del estudio (8 ó 10 meses), por lo cual, se recomienda suplementar a vaquillas de 10 meses de edad, dado que el lapso de suplementación alimenticia es menor comparado a las de 8 meses.

LITERATURA CITADA

- Bodas, R., O. López-Campos, y A. Mantecón. 2009. Recría de terneras Parda de Montaña: alimentación y desarrollo productivo. *Archivos de Zoot.*, 58:309-312.
- Day, M., and D. Grum. 2005. Breeding strategies to optimize reproductive efficiency in beef herds. *Veterinary Clinics of North America: Food. Anim. Pract.*, 21:367-381.
- De Alba, J. 2011. Los Criollos Lecheros Tropicales. *In: El Libro de los Bovinos Criollos de América*, J. de Alba Martínez. Biblioteca Básica de Agricultura (Colegio de Postgraduados), Ediciones Papiro Omega S.A. de C.V. pp. 93-217.
- Diskin, M., D. Kenny. 2016. Managing there productive performance of beef cows. *Theriogenology.*, 86:379-387.
- Evans, A., and N. Rawlings. 2010. Fisiología de la pubertad de terneros y terneras. *Taurus, Bs. As.*, 12: 11-23. Disponible en línea: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/130_fisiologia_pubertad.pdf [18 sep. 2012].
- Faure, R., y C. Morales. 2003. La pubertad de la hembra bovina: I. Aspectos fisiológicos. *Revista Salud Anim.*, 25:13-19.
- García, E. 1981. Ubicación geográfica, clima y precipitación. *In: Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen*. 3ª Ed. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. pp. 143-201.
- Gasser C., E. Behlke, D. Grum, and M. Day. 2006a. Effect of timing of feeding a high-concentrate diet on growth and attainment of puberty in early-weaned heifers. *Journal Anim. Sci.*, 84:3118-3122.
- Gasser, C., C. Burke, M. Mussard, E. Behlke, D. Grum, and J. Kinder. 2006b. Induction of precocious puberty in heifers II: Advanced ovarian follicular development. *Journal Anim. Sci.*, 84:2042-2049.
- Gasser, C., G. Bridges, M. Mussard, D. Grum, J. Kinder and M. Day. 2006c. Induction of precocious puberty in heifers III: Hastened reduction of estradiol negative feedback on secretion of luteinizing hormone. *Journal Anim. Sci.*, 84:2035-2041.
- Ginther, O., J. Kastelic, and L. Knopf. 1989. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Animal Reprod. Sci.*, 20:187-200.
- González, C., M. Rodríguez, J. Goicochea, N. Madrid, y D. González. 2006. Crecimiento pre-destete en hembras bovinas doble propósito. *Revista Científica. FCV-LUZ.*, 16:288-296.
- González-Stagnaro, C. y J. de la Fuente-Martínez. 2012. Pubertad en novillas de la raza Española Avileña-Negra Ibérica. *Revista Científica.*, FCV-LUZ 22:17-23.
- Lents, C., D. Randel, A. Stelzleni, C. Caldwell and T. Welsh. 2011. Function of the corpus luteum in beef heifers is affected by acute sub maintenance feeding but is not correlated with residual feed intake. *Journal Anim. Sci.*, 89:4023-4031.
- Maquivar, M., and S. Galina. 2010. Factors Affecting the readiness and preparation of replacement heifers in tropical breeding environments. *Reproduction Dom. Anim.*, 45: 937-942.
- Maquivar, G., S. Galina, R. Galindo, S. Estrada, R. Molina, and D. Mendoza. 2010. Effect of protein supplementation on reproductive and productive performance in *Bos inndicus*

- x *Bos taurus* heifers raised in the humid tropics of Costa Rica. *Tropical Anim. Health Product.*, 42:555-560.
- Mejía-Bautista, G., J. Magaña, J. Segura-Correa, R. Delgado, R. Estrada-León. 2010. Comportamiento reproductivo y productivo de vacas *Bos indicus*, *Bos taurus* y sus cruces en un sistema de producción vaca: cría en Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12:289-301.
- Patterson, J., C. Perry, H. Kiracofe, A. Belows, B. Staigmiller, and R. Corah. 1992. Management considerations in heifer development and puberty. *Journal Anim. Sci.*, 70:4018-35.
- Perry, A. 2012. Physiology and endocrinology symposium: Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility in heifers. *Journal Anim. Sci.*, 90:1172-1182.
- Peter, T., P. Vos, and J. Ambrose. 2009. Postpartum anestrus in dairy cattle. *Theriogenology*. 71:1333-1342.
- Romano, A., H. Barnabe, P. Kastelic, A. De Oliveira, and M. Romano. 2007. Follicular dynamics in heifers during pre-pubertal and pubertal period kept under two levels of dietary energy intake. *Reproduction Dom. Anim.*, 42:616-622.
- Sargentini, C., R. Bozzi, P. Diaz, A. Giorgetti, A. Martini, and P. Lupi. 2007. Onset of puberty in Maremmanaheifers. *Journal Anim. Sci.*, 6:385-394.
- Sepúlveda, N. y E. Rodero. 2003. Comportamiento sexual durante el estro en vacas lecheras. *Interciencia.*, 28(9): 500-503.
- Vite, C., R. López, J. García, R. Ramírez, A. Ruíz, y R. López. 2007. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas de doble propósito que consumen forrajes tropicales y concentrados. *Veterinaria Méx.*, 38: 63-79.